

RESUM

Tot i que l'agricultura catalana tendeix a augmentar la producció ecològica, l'any 2020 només un 0,79% i 1,17% de la superfície d'arròs es va dedicar al cultiu ecològic a Catalunya i Girona, respectivament. El control de les males herbes és un dels principals problemes de la producció d'arròs, comprometent-ne la viabilitat econòmica. Aquest problema s'agreuja en el cas de la producció ecològica ja que les limitacions en l'ús de productes fitosanitaris permesos obliga a realitzar desherbatge manual amb el conseqüent impacte en els costos de producció. El desherbatge mecànic en arròs està lligat al sistema de cultiu, ja que les condicions de sembra tradicional, en eixam i amb reg per inundació, limiten la seva utilització. Per aquest motiu aquest desherbatge ha d'estar associat a un canvi en el maneig del cultiu, sembrant en sec a línies a una separació major a l'habitual en arròs per tal de poder treballar les zones d'entre línies, tant en el cultiu regat per inundació com utilitzant un sistema de reg diferent, com pot ser el degoteig enterrat (SDI).

Es va adaptar una sembradora per tal de sembrar l'arròs en sec i a files separades a 30 cm i es van desenvolupar dues eines per tal de desherbar mecànicament l'espai entre les files d'arròs en dues parcel·les, una amb reg per inundació i certificada d'agricultura ecològica i una amb reg per degoteig enterrat. Les eines desenvolupades es van mostrar adequades per al desherbatge mecànic en arròs però calen millores en el disseny i ajustatge d'ambdues màquines per tal de millorar l'efectivitat de l'operació.

01. Introducció

L'agricultura catalana tendeix a augmentar la producció ecològica. Entre l'any 2001 i el 2020 la superfície ecològica total ha augmentat 506% (CCPAE, 2021). Els cereals i lleguminoses per a gra no en són una excepció, i ha presentat un augment del 616% i representa una quota de gairebé el 12,2% de la superfície ecològica conreada a Catalunya.

Pel que fa a l'arròs, però, a l'any 2020 a Catalunya hi havia 21.008 ha dedicades a aquest cultiu, representant una producció de 136.351 tones. A la província de Girona hi havia 1.088 ha d'arròs amb les que es va produir 6.041 tones. A Catalunya es van conrear 166 ha d'arròs en agricultura ecològica, mentre que a la província de Girona van ser 13 ha. Aquestes xifres indiquen que només un 0,79% i un 1,17 % de la superfície total d'arròs es va dedicar al cultiu d'arròs ecològic a Catalunya i Girona, respectivament (CCPAE, 2021 i DARP, 2021). Actualment hi ha un gran marge de creixement per la producció d'arròs ecològic a Catalunya donat que la demanda per part del mercat europeu i local és superior a la producció (Canicio et al., 2008).

Un dels principals problemes de la producció d'arròs és el control de les males herbes, que pot arribar a comprometre la viabilitat econòmica del cultiu: en conreu convencional normalment representa un 30% dels costos de producció. A més, cal tenir en compte la creixent resistència de les males herbes als herbicides utilitzats i la progressiva restricció normativa en la seva aplicació. Aquest problema s'agreuja en el cas de la producció ecològica, donat que les limitacions en l'ús de productes fitosanitaris permesos obliga a realitzar desherbatge manual amb el conseqüent impacte en els costos de producció.

En aquest sentit, el desherbatge mecànic es presenta com una bona opció atès que és una tècnica àmpliament utilitzada en el cultiu ecològic de diferents tipus de conreus extensius amb molt bons resultats (ITAB, 2012).

El problema del desherbatge mecànic en arròs està lligat al sistema de cultiu, ja que les condicions de sembra tradicional, en eixam i amb reg per inundació, limiten la seva utilització. Per aquest motiu aquest desherbatge ha d'estar associat a un canvi en el maneig del cultiu, sembrant a línies i mantenint el camp sense inundar en els primers estadis del cultiu (sembra en sec), o bé sembrant a línies i utilitzant un sistema de reg diferent, com pot ser el degoteig enterrat (SDI). Aquest darrer representa una innovació en el cultiu de l'arròs que ha demostrat millorar l'eficiència en l'ús d'aigua i nitrogen (Sidhu et al., 2019) a més de reduir la demanda energètica i les emissions de CO₂ (Coltro et al., 2017).

L'objectiu principal de l'activitat proposada era avaluar la viabilitat del control mecànic de les males herbes en el cultiu de l'arròs.

L'activitat pretenia:

- ✓ Validar tècnicament la producció d'arròs ecològic amb desherbatge mecànic en una parcel·la comercial certificada amb reg per inundació i sembra directa, amb la finalitat de ser una opció de maneig complementària a les tècniques tradicionals que ja s'utilitzen.
- ✓ Validar tècnicament la producció d'arròs amb desherbatge mecànic en una parcel·la amb reg per degoteig enterrat i sembra directa.

- ✓ Avaluar la viabilitat econòmica del cultiu utilitzant les tècniques proposades i comparar els rendiments obtinguts amb els cultius en què s'apliquen herbicides.

02. Metodologia

Es van plantejar dos assajos en dues parcel·les a la zona productora d'arròs de Pals. En l'assaig de la parcel·la A, que està certificada com a ecològica, l'arròs es va sembrar en sec a fileres separades 30 cm i es va regar per inundació. En l'assaig de la parcel·la B, l'arròs es va sembrar en sec a fileres separades 30 cm i es va regar amb un sistema de reg per degoteig enterrat a 15 cm, amb laterals separats a 37.5 i 75 cm i degoters autocompensants de cabal nominal 1l/h espaiats 30 cm en el lateral.

02.01. Modificació de la sembradora

Les parcel·les A i B es van sembrar en sec amb una sembradora que es va dissenyar a partir de l'experiència i necessitats detectades per l'arrossaire. Es va partir d'una transplantadora amb dosificació d'adob granular que es va modificar per a poder distribuir la llavor d'arròs (Figura 1). Els rodets dosificadors de llavor permetien mantenir la dosi de sembra independentment de la velocitat d'avançament per mitjà d'una roda que accionava el mecanisme de distribució de la llavor. A la part del darrera de la màquina s'hi van acoblar 6 braços de sembra separats 30 cm entre ells. Els braços de sembra disposaven d'una bota de sembra de doble disc que obria el solc on es dipositava la llavor minimitzant el risc d'embossament en presència de residus vegetals. Finalment, darrera els discos de sembra, hi havia un roda per cobrir el solc on es dipositava la llavor i d'aquesta manera afavorir la germinació.



Figura 1. Eina desenvolupada per al desherbatge mecànic en el cultiu d'arròs amb reg per inundació. (Foto: Enginyeria i gestió del reg, UdG).

02.02. Eines per al desherbatge mecànic

A partir de les tècniques utilitzades al Japó pel control de les males herbes en condicions d'inundació, es va redissenyar una eina per adaptar-la a les condicions locals, de manera que permetés treballar a la zona d'entre les línies de l'arròs amb separades 30 cm amb l'objectiu de possibilitar el control mecànic sense malmetre el cultiu.

La part davantera de l'eina constava d'un patí que permetia tenir un punt de suport i ajaure la mala herba. Darrera el patí, es van disposar dos rodets troncocònics amb ganivetes

inserirdes al seu voltant de manera que quan s'avançava giraven en sentit contrari produint un efecte d'esmicolament de la mala herba (Figura 2).

Es van realitzar les primeres proves de funcionament amb accionament manual de l'eina el dia 20 de juliol de 2020, amb el camp inundat. Durant tot el mes de juliol es va anar passant aquesta màquina manual per les zones on es van detectar males herbes, fent aproximadament 3 passades completes per tot el camp.



Figura 2. Eina desenvolupada per al desherbatge mecànic en el cultiu d'arròs amb reg per inundació. (Foto: Enginyeria i gestió del reg, UdG).

També es va desenvolupar una eina per tal de realitzar el desherbat mecànic en arròs cultivat amb reg per degoteig enterrat (Figura 3). Aquesta eina es va adaptar al bastidor de la sembradora per a treballar exactament en la zona entre línies i no afectar el conreu. L'eina consistia en relles separades a 30 cm per a treballar la zona entre les files d'arròs respectant el cultiu. Les relles tenien dues aletes que formaven una forma triangular i presentaven un lleuger angle d'atac en el sòl per afavorir que es clavessin en el terreny i tallessin la mala herba.



Figura 3. Eina desenvolupada per al desherbatge mecànic en el cultiu d'arròs amb reg per degoteig enterrat. (Foto: Enginyeria i gestió del reg, UdG).

02.03. Collita

El dia 3 de novembre de 2020 i havent assolit el grau de maduresa fisiològica es van recol·lectar les parcel·les d'assajos. Es va determinar la producció en gra a partir dels components del rendiment, realitzant un mostreig aleatori en 4 posicions i seleccionant les plantes d'una àrea de 0.0625 m².

03. Resultats

Amb la col·laboració del Servei d'Agricultura i la Secció de Sanitat Vegetal de Girona i l'A.D.V. de l'Arròs de Pals, es va fer un control de les males herbes a les dues parcel·les d'assaig.

A la parcel·la d'assaig A es van realitzar dues avaluacions, la primera quan s'havia realitzat la primera passada de l'eina (30/07/20), i una segona, després de finalitzar les tasques de desherbatge en moll amb l'eina (12/08/20). D'entre les plantes identificades, la que va tenir una major presència va ser la *Cyperus difformis*, que presentava densitats properes a les 90 plantes/m², i amb el desherbatge mecànic es va reduir fins a prop de 35 plantes/m² (Figura 4).

Tot i l'aparent reducció en la densitat de plantes, la fracció de sòl que aquestes cobrien va resultar ser molt baixa en els dos recomptes, segurament degut a la pròpia morfologia de la planta i als baixos estadis de desenvolupament en els que es trobava en el primer recompte.

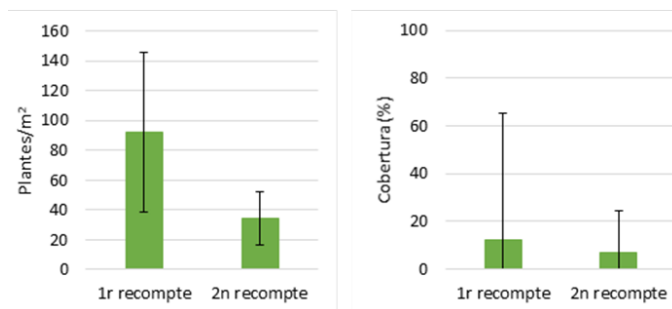


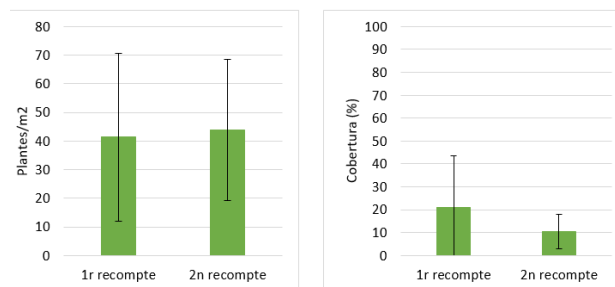
Figura 4. Densitat de males herbes (gràfic esquerre) i fracció del sòl coberta per les males herbes (gràfic dret) en els dos recomptes realitzats en la parcel·la d'assaig A.

També es varen realitzar avaluacions del grau d'afectació per males herbes a la parcel·la d'assaig B el dia 30/07/2020 i el 12/08/2020. Les espècies identificades per al recompte van ser *Digitaria sanguinalis*, *Echinochloa oryzae*, *Echinochloa crus-galli* i *Cyperus difformis*.

Tot i que el plantejament inicial era que a la parcel·la d'assaig B també es realitzaria un maneig segons els criteris d'agricultura ecològica es van haver realitzar tractaments herbicides i fungicides, per reduir la forta pressió de les males herbes i evitar perdre el cultiu i l'assaig. Amb l'aplicació puntual d'herbicides es va realitzar un cert control de les males herbes que es pretenia complementar amb el desherbatge mecànic.

Aquests tractaments herbicides van permetre reduir les densitats de mala herba fins a unes 45 plantes/m². L'*Echinochloa* no va presentar diferències entre els dos recomptes, mentre que *Digitaria* va presentar un lleuger increment i *Cyperus* una lleugera disminució. Entre les dues dates el camp va estar uns dies en condicions d'inundació, de manera fortuïta, de manera que aquest fet podria indicar que la *Digitaria* s'adaptaria millor a les condicions d'inundació mentre que *Cyperus* no.

Figura 5. Densitat de males herbes (gràfic esquerre) i fracció del sòl coberta per les males herbes (gràfic dret) en els dos recomptes realitzats en la parcel·la B.



en els dos recomptes realitzats en la parcel·la B.

L'aigua aportada a l'assaig A, amb reg per inundació, es va estimar en 9.008 m³/ha d'aigua de reg i una dotació addicional de 1.316 m³/ha de la pluja. A l'assaig B, amb reg per degoteig enterrat, es varen aportar 7.432 m³/ha d'aigua de reg i 1.254 m³/ha d'aigua de pluja.

Els rendiments al 14% d'humitat del gra que es varen obtenir a les parcel·les A i B van ser de 2.480 kg/ha i 6.616 kg/ha respectivament. La producció a la parcel·la A va ser considerablement inferior a l'esperable a la zona, degut a què una pluja intensa immediatament després de la sembra en sec va provocar entollament, i en conseqüència la naixença va ser pobre i irregular, sense haver-hi opció de resembra del camp degut a la data excessivament tardana.

04. Conclusions

Les conclusions que s'extreuen del projecte són:

- La sembradora desenvolupada ha permès sembrar adequadament a 30 cm de separació entre línies i ha facilitat un bon establiment de les dues varietats en comparació a la sembra convencional amb menor separació entre línies de sembra. Per altra part, la separació de 30 cm s'ha mostrat suficient per permetre el pas de les eines pel control mecànic de la mala herba sense afectar al conreu.
- La separació entre línies de 30 cm no ha perjudicat el rendiment del conreu, que en un dels camps d'assaig ha estat proper a la producció habitual de la zona, que està al voltant del 6.500 kg/ha.
- S'ha observat un bon comportament de l'eina de desherbatge mecànic en el cultiu d'arròs inundat reduint de manera significativa la presència de males herbes després de la seva aplicació. No obstant caldrà passar de la tracció manual a la mecànica per tal de millorar la productivitat tècnica i econòmica del sistema i poder-ne difondre el seu ús a una escala major.
- Pel que es refereix a l'eina desenvolupada per al cultiu d'arròs en reg per degoteig, s'ha observat un bon funcionament i efectivitat en l'eliminació de les males herbes amb l'accionament manual en sòls solts. Quan s'ha col·locat al bastidor i s'ha aplicat en sòls amb encrostament, no ha mostrat la mateixa efectivitat, degut a la impossibilitat de poder ajustar l'angle d'atac de la rella. Aquest fet obliga a redissenyar l'element de subjecció de la rella al bastidor per tal que sigui més resistent i permeti la modificació de l'angle d'atac.
- En reg per degoteig enterrat la inundació puntual del camp s'ha mostrat com una tècnica molt interessant pel control de les males herbes. En efecte, l'alternança de condicions anaeròbies amb períodes curts d'inundació ha permès un control molt més efectiu de la mala herba que no pas les condicions aeròbies permanents. En reg per degoteig enterrat en arròs es poden plantejar diferents alternatives per aconseguir la inundació del camp:

1. Augmentar la dosi de reg per sobre les necessitats del conreu fins aconseguir una làmina d'aigua en superfície, sempre que les propietats del sòl permetin l'ascens de l'aigua des dels degoters

2. Anivellar el camp i amb un sistema de reg auxiliar aportar l'aigua suficient per inundar. Aquesta solució implica costos econòmics superiors.

En resum, es pot concloure que el desherbatge mecànic de l'arròs tant en condicions de reg per inundació com de reg per degoteig és tècnicament viable amb accionament manual si es

canvien algunes condicions del maneig agronòmic del cultiu, com seria realitzar sembra en sec i a línies més separades del que es realitza habitualment.

Per a passar a l'accionament mecànic cal treballar en l'escalat de les eines i implementar un sistema de geolocalització amb precisió centimètrica en el sistema de sembra i desherbatge mecànic per poder passar la màquina pel mateix traçat i no malmetre el conreu.

05. Referències

- Canicio, A., Català, M. M., Escolano, M.A., Ferreres, A.; Galimany, G., Moisés, J., Rauli, T. & Reverté, V. (2008). El conreu ecològic de l'arròs en zones costaneres. Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció Rural, Generalitat de Catalunya. Consultat el 17 de maig de 2019 a http://cataleg.upc.edu/record=b1371533~S1*cat
- CCPAE (2021): Estadístiques del sector ecològic de Catalunya 2020. Consell Català de la Producció Agrària Ecològica, Barcelona. (http://www.ccpae.org/docs/estadistiques/2020/00_2_020_ccpae_recull-estadistiques.pdf)
- Coltro, L., Marton, L. F. M., Pilecco, F. P., Pilecco, A. C., & Mattei, L. F. (2017). Environmental profile of rice production in Southern Brazil: A comparison between irrigated and subsurface drip irrigated cropping systems. *Journal of Cleaner Production*, 153, 491–505. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.207>
- DARP (2021). Estadístiques 2020. Gabinet Tècnic, Departament Agricultura Ramaderia Pesca i Alimentació, Barcelona.
- ITAB, Institut de l'Agriculture et de l'Alimentation Biologiques. (2012). Desherbage mecanique. Consultat el 17 de maig de 2019 a <http://www.itab.asso.fr/programmes/desherbage.php>
- Sidhu, H. S., Jat, M. L., Singh, Y., Sidhu, R. K., Gupta, N., Singh, P., Singh, P., Lat, H.S & Gerard, B. (2019). Sub-surface drip fertigation with conservation agriculture in a rice-wheat system: A breakthrough for addressing water and nitrogen use efficiency. *Agricultural Water Management*, 216(February), 273–283. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.02.019os>

Grup de Recerca:

Enginyeria i Gestió del Reg (2017 SGR 486)

Universitat de Girona

972 41 84 00 – miquel.duranros@udg.edu

El projecte ha estat finançat pel Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació de la Generalitat de Catalunya a través de l'ajut per incentivar la recerca aplicada en matèria de producció agroalimentària ecològica